WELTORGANISATION FÜR GEISTIGES EIGENTUM Internationales Büro

INTERNATIONALE ANMELDUNG VERÖFFENTLICHT NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE

INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT) (11) Internationale Veröffentlichungsnummer: WO 95/31718 (51) Internationale Patentklassifikation 6:

A1

(43) Internationales

Veröffentlichungsdatum:

23. November 1995 (23.11.95)

(21) Internationales Aktenzeichen:

PCT/EP95/01618

(22) Internationales Anmeldedatum:

28. April 1995 (28.04.95)

(30) Prioritätsdaten:

3

G01N 29/02

P 44 17 170.6

17. Mai 1994 (17.05.94)

DE

CH, DE, DK, ES, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT,

(81) Bestimmungsstaaten: JP, US, europäisches Patent (AT, BE,

Veröffentlicht

Mit internationalem Recherchenbericht.

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten ausser US): KARLSRUHE FORSCHÜNGSZENTRUM **GMBH** [DE/DE]; Weberstrasse 5, D-76133 Karlsruhe (DE).

(72) Erfinder; und

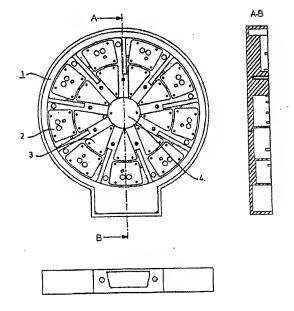
- (75) Erfinder/Anmelder (nur für US): RAPP, Michael [DE/DE]; Haspelgasse 10, D-69117 Heidelberg (DE). VOIGT, Achim [DE/DE]; Albert-Einstein-Strasse 11, D-76351 Linkenheim-Hochstetten (DE).
- (74) Anwalt: RÜCKERT, Friedrich; Forschungszentrum Karlsruhe GmbH, Stabsabteilung Patente und Lizenzen, Weberstrasse 5, D-76133 Karlsruhe (DE).
- (54) Title: GAS SENSOR CONSISTING OF SURFACE WAVE COMPONENTS
- (54) Bezeichnung: GASSENSOR BESTEHEND AUS OBERFLÄCHENWELLEN-BAUELEMENTEN

(57) Abstract

The invention concerns a gas sensor consisting of at least two surface wave components with drivers and amplifiers in a housing with a gas inlet and outlet. The purpose of the invention is to design the gas sensor so that different components can be detected at the same time. This end is attained by at least 4 surface wave components (SAW), each in a recess in the housing and arranged radially on a circle, a central dynamically balanced gas inlet chamber from which identical gas supply lines run radially outwards to the recesses and gas outlet lines with the same pneumatic resistance run outwards from all the recesses.

(57) Zusammenfassung

Die Erfindung betrifft einen Gassensor bestehend aus mindestens zwei Oberflächenwellen-Bauelementen mit Treibern und Verstärkern in einem Gehäuse mit Gaszuführung und Gasabführung. Aufgabe der Erfindung ist es, den Gassensor derart auszugestalten, daß verschiedene Komponenten gleichzeitig nachweisbar sind. Gelöst wird diese Aufgabe durch mindestens 4 Oberflächenwellen-Bauelemente (SAW) in je einer Ausnehmung im Gehäuse, welche radial ausgerichtet auf einem Kreis angeordnet sind, einen zentralen rotationssymmetrischen Gaszuführungsraum, von welchem aus radial nach außen gleich ausgebildete Gaszuführungsleitungen zu den Ausnehmungen führen und Gasauslaßleitungen mit gleichem pneumatischen Widerstand von allen Ausnehmungen nach außen.



LEDIGLICH ZUR INFORMATION

Codes zur Identifizierung von PCT-Vertragsstaaten auf den Kopfbögen der Schriften, die internationale Anmeldungen gemäss dem PCT veröffentlichen.

AT	Österreich	GA	Gabon	MR	Mauretanien
AU	Australien	GB	Vereinigtes Königreich	MW	Malawi
BB	Barbados	GE	Georgien	NE	Niger
BE	Belgien	GN	Guinea	NL	Niederlande
BF	Burkina Faso	GR	Griechenland	NO	Norwegen
BG	Bulgarien	HU	Ungarn	NZ	Neuseeland
BJ	Benin	IE	Irland	PL	Polen
BR	Brasilien	IT	Italien	PT	Portugal
BY	Belarus	JP	Japan	RO	Rumänien
CA	Kanada	KE	Kenya	RU	Russische Föderation
CF	Zentrale Afrikanische Republik	KG	Kirgisistan	SD	Sudan
CG	Kongo	KP	Demokratische Volksrepublik Korea	SE	Schweden
CH	Schweiz	KR	Republik Korea	SI	Slowenien
CI	Côte d'Ivoire	KZ	Kasachstan	SK	Slowakei
CM	Kamerun	LI	Liechtenstein	SN	Senegal
CN	China	LK	Sri Lanka	TD	Tschad
CS	Tschechoslowakei	LU	Luxemburg	TG	Togo
CZ	Tschechische Republik	LV	Lettland	TJ	Tadschikistan
DE	Deutschland	MC	Monaco	TT	Trinidad und Tobago
DK	Dänemark	MD	Republik Moldau	UA	Ukraine
ES	Spanien	MG	Madagaskar	US	Vereinigte Staaten von Amerika
FI	Finnland	ML	Mali	$\mathbf{U}\mathbf{Z}$	Usbekistan
FR	Frankreich	MN	Mongolei	VN	Vietnam

WO 95/31718

- 1 -

Gassensor bestehend aus Oberflächenwellen-Bauelementen

Die Erfindung betrifft einem Gassensor nach dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1, wie er aus der US 4 312 228 bekannt ist.

Modifizierte akustische Oberflächenwellen oder Surface Acoustic Wave (SAW) Bauelemente können für die chemische Sensorik von Gasen oder Flüssigkeiten eingesetzt werden, indem man sie mit einer entsprechend chemisch reaktiven Beschichtungen versieht. Bei der Ab- oder Adsorption des Analyten verändern sich die Masse der Beschichtung sowie deren elastische Parameter, wodurch sich die Schallgeschwindigkeit der Oberflächenwelle ebenfalls verändert. Um die Änderung der Schallgeschwindigkeit einer Oberflächenwelle möglichst exakt und trotzdem einfach zu messen ist es üblich, ein beschichtetes SAW-Bauelement als frequenzbestimmendes Element einer Oszillatorschaltung zu schalten. Dies ist aus H. Wohltjen, R. Dessy: SAW Probe for Chemical Analysis, Parts 1 - 3; Analytical Chemistry, 51(1979), 1458 - 1475. und H. Wohltjen: Mechanism of Operation and Design Considerations for SAW Device Vapour Sensors; Sensors and Actuators, 5(1984) 307 - 325 bekannt.

Aus der Schallgeschwindigkeitsänderung ergibt sich eine in guter Näherung proportionale Änderung der Oszillationsfrequenz, welche mit einer hohen Auflösung von typischerweise 10⁻⁶ gemessen werden kann. Durch eine entsprechende Wahl von Sorptionsschichten lassen sich mit dieser Technik eine nahezu beliebige Vielzahl von gasförmigen Analyten untersuchen. Hauptinteresse finden hierbei solche Stoffe, die mit anderen chemischen Mikrosensoren nur schwer einer qualitativen und quantitativen Bestimmung zugänglich sind: Organische Lösungsmittel, wie beispielsweise Kohlenwasserstoffe (Hexan, Oktan, Decan, versch. Kraftstoffe), Alkohole (Methanol, Ethanol), halogenierte Kohlenwasserstoffe (CKW's, FCKW's) und Aromaten (Benzol, Toluol).

- 2 -

Um die oben genannten Stoffe analysieren zu können, werden für die SAW-Bauelemente Substanzen ausgewählt, die mit dem betreffenden Analyten eine reversible Sorptionsreaktion eingehen. Hierfür kommen meist Polymerfilme in Betracht, die je nach Erfordernis mit verschiedenen Verfahren, wie Spin-Coating, Sol-Gel-Beschichtung oder reaktive Abscheidung auf die SAW-Substrate aufgebracht werden. Das Sorptions- und Lösungsverhalten der Analyten in den betreffenden Beschichtungen wird durch das jeweilige Verhältnis ihrer Polaritäten, Polarisierbarkeiten, Aziditäten, Basizitäten und verschiedenen Strukturparametern bestimmt. Allerdings weisen die meisten verwendbaren beschichtungsfähigen Polymere eine zu geringe Selektivität hinsichtlich verschiedener organischer Komponenten auf.

Aus der EP 0 509 328 A2 ist eine Anordnung von 3 SAW bekannt, die jedoch hinter einander angeordnet sind. Dies führt zu unterschiedlichen Strömungsverhältnissen in den einzelnen Sensoren.

Des weiteren ist aus der EP 0477 684 Al eine Anordnung von mehr als 2 SAW mit unterschiedlicher Beschichtung bekannt. Eine besondere Anordnung der Sensoren ist hier nicht vorgesehen.

Aufgabe der Erfindung ist es, einen Gassensor der e. g. Art zur Verfügung zu stellen, mit dem verschiedene Komponenten gleichzeitig nachweisbar sind.

Gelöst wird diese Aufgabe durch die Merkmale des Patentanspruchs 1. Die Unteransprüche beschreiben vorteilhafte Ausgestaltungen des Gassensors.

Durch die Kombination mehrer Sensoren mit Beschichtungen unterschiedlicher Eigenschaften lassen sich Sensitivitätsmuster gewinnen, die nach einer chemometrischen Auswertung (PLS-Algorithmus) auch aus einer Analytenmischung die geforderte quali-

tative und quantitative Bestimmung zulassen. Unter Zuhilfenahme des Linear Solvation Energy Relationship (LSER) Modells läßt sich zusätzlich eine theoretische Vorhersage der Sorptionseigenschaften verschiedenster Schichtmaterialien treffen. Dadurch wird eine gezielte Optimierung durch Auswahl der Schichtsubstanzen bzw. deren Kombination möglich. Mit dem so konzipierten Schichtsystem sind selektive Bestimmungen einer großen Vielfalt von gasförmigen organischen Analyten erreichbar

Minimale Leitungslängen durch radiale Abgänge vom gemeinsamen Knoten, bewirken geringere Signalverluste durch Dämpfung und geringere Übersprechgefahr der einzelnen Kanäle.

Eine radiale Anordnung der Gaszuführung gestattet ebenfalls in einfachster Weise eine äquivalente, parallele und synchrone Anströmung der Prüfgase. Dies ist ein entscheidender Vorteil für die Signalauswertung bei den anzuwendenden chemometrischen Auswerteverfahren, sowie von Auswerteverfahren mit Hilfe automatischer Reaktionsmustererkennung durch neuronale Netze.

Die Erfindung wird im folgenden anhand eines Ausführungsbeispiels mit Hilfe der Figuren näher erläutert.

Die Fig. 1 zeigt das Unterteil des Gehäuses, welches die SAW's und die elektronischen Module trägt und die Fig. 2, 3 und 4 zeigen Schaltpläne dieser Module.

Die Fig 1 zeigt das Unterteil 1 des Gehäuses zusammen mit einem Schnitt, Von der Seite, welche die elektronischen Module 2, 3, 4 trägt. Die SAW's befinden sich auf der anderen Seite gegenüber den Modulen 2. Sie sind hier nicht dargestellt. Dieses SAW-Sensoarray zur analytischen Bestimmung von Gasen und Gasgemischen, besteht aus 9 SAW-Oszillatoren, wobei ein Oszillator als gemeinsame Referenz für 8 Sensoroszillatoren dient. Das Gerät ist jedoch erweiterbar auf n Oszillatoren mit

einer gemeinsamen Referenz und entsprechend n-1 Sensoroszillatoren, wobei n größer als 3 sein sollte.

Das Signal des Referenzoszillators wird über einen gemeinsamen, impedanzangepassten Knotenpunkt auf einzelne (n-1) Mischstufen verteilt. Die Anordnung mit einem gemeinsamen Knotenpunkt ermöglicht eine Ansteuerung der einzelnen Mischereingänge mit gleichem HF-Pegel

Das Gehäuseunterteil 1 und das nicht dargestellte Gehäuseoberteil sind aus Metall gefertigt. Das Gehäuseoberteil enthält einen zentralen rotationssymmetrischen Gaszuführungsraum, von welchem aus radial nach außen gleich ausgebildete Gaszuführungsleitungen zu Ausnehmungen zur Aufnahme der SAW's führen und Gasauslaßleitungen mit gleichem pneumatischen Widerstand von allen Ausnehmungen nach außen.

Die hohe Temperaturleitfähigkeit des Metallgehäuses ermöglicht gleichmäßige Temperaturverteilung im gesamten Gehäuse, bei niedrigen Herstellungskosten und mobile Einsatzmöglichkeiten durch kompakten Aufbau.

Geringe Probenvolumina bei paralleler Gasanströmung, bewirken kurze Ansprechzeiten.

Durch den Aufbau der SAW-Oszillatoren in einem gemeinsamen kompakten monolithischen Fräsgehäuse, bestehend aus einzelnen Kammern, welche jeweils die einzelnen Oszillatorschaltungen und davon getrennt in seperaten Kammern die Mischstufen enthält, wird eine noch bessere Temperaturverteilung (hohe Temperaturleitfähigkeit des Gehäuses), sowie geringes Übersprechen und damit minimale Gefahr des gegenseitigen "Einlockens" der Oszillationfrequenzen durch optimale Abschirmung des auf massepotential liegenden Gehäuses erreicht.

Üblicherweise bestehen die kommerziell gefertigte Transducer aus Aluminium (beste akustoelektrische Eigenschaften), das chemisch nicht ausreichend resistent ist, um einen längeren

- 5 -

stabilen Betrieb eines SAW-Chemosensors zu gewährleisten. Daher ist beispielsweise Gold als Transducermaterial in der SAW-Gassensorik besser geeignet. Eine andere Möglichkeit ist die nachträgliche chemische Passivierung der Aluminiumtransducer durch eine kontrollierte Oxidation des Aluminiums oder mit einer inerten Beschichtung (z. B. Polyimid) der Transducer.

Quarz als Substatmaterial für SAW-Bauelemente besitzt je nach Wahl des Kristallschnittes eine bestimmte Temperatur mit minimalstem Temperaturgang der Oberflächenwellenschallgeschwindigkeit, die sogenannte Kompensationstemperatur. Wählt man nun gerade diese als Array-Betriebstemperatur, so ergibt sich eine geringere Störempfindlichkeiten bezüglich kleinen Temperaturschwankungen.

Entsprechend dem Linear Solvation Energy Relationship (LSER) - Modell ergeben sich fünf verschiedene, energetisch unterschiedliche Anteile, die für das Lösungsverhalten eines organischen Lösungsmittels in eine feste Phase bestimmend sind. Für die Bindungsenthalpien läßt sich ein analytischer Zusammenhang formulieren (Formel 9, s 95 aus J. W. Grate, M. H. Abraham: Solubility Interactions and the design of Chemically Selective Sorbent Coatings for Chemical Sensors and Arrays; Sensors and Actators B, 3(1991), 85-111).

Die einzelnen Energietherme lassen sich durch Löslichkeitsparameter charakterisieren, woraus sich fünf Parameter für die gasförmige und fünf dazu jeweils korrespondierende Größen für die feste Phase ergeben. Diese Parameter stellen gewissermaßen eine Gewichtung der für den Lösungsprozeß verantwortlichen Energieterme dar und sind für die verschiedenen Stoffe unterschiedlich.

Eine optimales Schichtsystem ist nun dadurch gekennzeichnet, daß Schichtsubstanzen mit möglichst unterschiedlicher Parameterzusammensetzung gewählt werden. Dadurch lassen sich für das

- 6 -

Sensorarray mit einem solchen Schichtsystem möglichst gute Differenzierungen erwarten.

Wenn es möglich ist Substanzen zu finden, für die jeweils diese Parameter extremal bzw. idealerweise wenn nur einer maximal, die anderen jeweils minimal sind, so läßt sich die Anzahl der zu Differenzierung notwendigen Schichten auf die Anzahl der verantwortlichen Parameter, nämlich fünf, reduzieren.

Die Tabelle zeigt beispielhaft Substanzen, für die diese Bedingung zutrifft und repräsentiert damit eine Auswahl von Substanzen. In der Mitte dargestellt sind die tatsächlichen Werte. Der Wertevergleich auf der rechten Seite zeigt, wie jeweils einige Werte maximal sind, während die korrespondierenden Größen minimal sind. Trotz der niedrigen Anzahl der Sensoren, läßt sich mit einem so bestückten SAW-Sensorarray, prinzipiell die bestmöglichen Analysen mithilfe einer chemometrischen Mustererkennung erzielen.

Bei der günstigen Anzahl von acht Sensoroszillatoren und einer gemeinsamen Referenz im Array sollen die drei zusätzlichen Sensoren speziell typische Störgrößen analysieren. Für solche Stoffe wird damit eine größere Redundanz erzielt, wodurch sich Gemische, welche Störkomponenten wie z. B. Wasser, Stickoxide und Ammoniak enthalten, dann signifikanter bestimmen lassen.

Das Array und seine Auswertung ist für acht Signalgrößen optimal, da eine digitale Auswerteelektronik mit handelsüblichen Mikrochips ohnehin mit 8 Bit-multiplen Rastern arbeitet.

Wegen dem großen Temperatureinfluß auf die Oszillatorfrequenzen, muß die Temperatur des Sensorkopfes hochkonstant gehalten werden. Durch den kompakten Aufbau des Sensorkopfes ist es möglich mittels Peltierelemente die Temperatur des Meßgases, sowie der Sensoren samt Ansteuerelektronik, in weiten Bereichen präzise zu Regeln.

Die Gleichgewichtsverteilung zwischen Analyt in der Gasphase und Analyt in der festen Phase (absorbiert) hängt von der Temperatur ab. Bei niedrigen Temperaturen liegt die Gleichgewichtseinstellung mehr bei der absorbierten Phase, wodurch eine höhere Sensorempfindlichkeit erzeugt wird. Bei höheren Temperaturen verhält es sich invers. Die Gleichgewichtsverteilung liegt mehr bei der Gasphase und der Sensor wird unempfindlicher. Dafür wird aber die Gleichgewichtseinstellung schneller erreicht.

Somit kann durch die Wahl der Betriebstemperatur des Sensorkopfes Empfindlichkeit und Ansprechverhalten nach geforderten Spezifikationen angepaßt werden.

Vorteilhaft ist eine Thermostatisierung mittels Peltierelementen direkt auf dem Gehäusedeckel. Die Verlustwärme kann entweder mittels Konvektionswärmeübertrager direkt am Element oder indirekt, jedoch effektiver, durch einen gepumpten Füssigkeitskreislauf an die Umgebung abgegeben werden.

Bei Thermostatisierung mittels Flüssigkeitswärmeübertragers (z. B. Wasser) wird das Wasser mit Hilfe einer externen Thermostatisier-Einheit temperiert und dem Übertrager im Kreislauf zu- und abgeführt.

Die einzelnen SAW-Sensoren im Array sitzen steckbar auf der jeweiligen Oszillatorelektronik. Als Grundaufbau bieten sich die für die käuflichen SAW-Bauelemente üblichen TO-Sockel (z. B. TO-39) an. Das Array ist dann einfach, schnell und preisgünstig für die verschiedenen Anwendungen (Analytenzusammensetzung) umzurüsten. Die einzelnen Sensoren sind dann für Wartungs- oder Kontrollarbeiten auch leicht zu überprüfen.

Für die Beschichtung der Sensoren mit unterschiedlichen Schichten ist das Spincoating-Verfahren günstig, da die auf dem Sockel bereits montierten und mit den Anschlußstiften verbondeten SAW-Bauelemente zentrisch auf die Drehachse eines Spin-Coaters gesteckt werden können.

Es ist auch Beschichtung mit dem Spraying-Verfahren möglich.

Die Fig 2 zeigt das Schaltbild für eine optimale SAW Oszillatorschaltung 2, die ein besseres Signal- zu Rauschverhältnis (höhere Empfindlichkeit), ein kleineres Detektionslimit und eine bessere Langzeitstabilität der SAW-Sensoren ermöglicht als die u. a. Oszillatorschaltung.

Es ist bereits aus A. Venema et al.: Design Aspects of SAW Gas Sensors; Sensors and Actuators, 10 (1986), S. 47 - 64, eine für den Zweck der SAW-Gassensorik optimierte Oszillatorschaltung bekannt, die ein sogenanntes AGC (automatic gain control) ausnützt. Unseres Erachtens bietet diese Schaltung jedoch keine wesentlichen Vorzüge, da bei der automatischen Anpassung des Verstärkungsfaktors Phasendriften entstehen, die eine ungewollte Frequenzdrift im Oszillatorkreis bewirken. Die in diesem Beitrag angeblich notwendigen Anpassung des Verstärkungsfaktors sind technisch nur bei Frequenzen unter 200 MHz ohne zu großen Aufwand realisierbar und bei der Verwendung von SAW-Bauelementen mit geeigneter Übertragungscharakterisik überhaupt nicht notwendig.

Für die Entwicklung eines SAW-Oszillators muß das spezielle Verhalten von beschichteten und unbeschichteten SAW-Resonatoren auf Quarz-Basis berücksichtigt werden. Beschichtete SAWs besitzen eine hohe Dämpfung und eine geringe Phasenänderung im Resonanzpunkt. Die aktive Oszillatorelektronik muß nun so ausgelegt werden, daß sie zum einen eine genügend hohe Verstärkung besitzt, um die Dämpfung zu kompensieren und zum anderen in ihrem Frequenz-Phasenverhalten der Änderung des Frequenz-Phasenverhaltens der beschichteten SAW's folgen kann um die elektrische Oszillationsbedingung aufrecht zu erhalten.

WO 95/31718

teil ein- bzw. ausgekoppelt.

Diese Bedingung erfüllt der MMIC-Verstärker INA-03184. Seine S-Parameter bei 433 MHz ergeben in Kombination mit einer 47 nH-Spule eine optimale Übertragungscharakteristik des aktiven Oszillatorelements bei einer Stromaufnahme von nur 7 mA. Über

die 220 pF Kondensatoren wird die Hochfrequenz in das SAW-Bau-

- 9 -

Die Oszillationsfrequenz wird am Ausgang des Oszillatorverstärkers über einen 0,47 pF Kondensator mit hoher Impedanz ausgekoppelt und einem nachgeschalteten Bufferverstärker zugeführt. Dieser dient dazu durch seine hohe Rückwärtsisolation (S12) den empfindlichen Oszillationskreis elektrisch vom Rest der Schaltung zu Trennen, damit der Einfluß von Störsignalen oder Impedanzänderungen auf die Oszillationsfrequenz minimal bleibt.

Die Oszillatorelektronik, befindet sich in unmittelbarer Nähe der SAW-Sensoren. Die SAW-Bauelemente werden direkt auf die Oszillatorelektronik gesteckt.

Ein Oszillatorkreis ist extrem empfindlich auf Schwankungen der Phasenlage, welche durch minimale Impedanzänderungen im Schwingkreis entstehen können. In der Praxis wird dies hauptsächlich durch bewegliche Leitungen verursacht, weshalb auf diese ganz verzichtet wurde.

In Abhängigkeit von den Beschichtungsparametern ändern sich die elektroakustischen Parameter und damit Phasenlage und Dämpfung der SAW-Sensoren. Die Oszillatorelektronik ist in der Lage solche Parameteränderungen zu tolerieren und ohne Neukalibration ein zufriedenstellende Frequenzstabilität (± 2 Hz, bei 433,92 MHz Oszillationsfrequenz) aufzuweisen.

Durch die gezielte Auswahl von Verstärkern mit minimalem Phasengang und gleichzeitig auf die SAW-Sensoren abgestimmten s-Parametern konnte die gewünschte Charakteristik erzielt werden. Diese Bedingungen werden auch von Breitband-Verstär-

- 10 -

kern wie beispielsweise verschiedenen Videoverstärkern erfüllt.

Die Fig 3 zeigt die Schaltung für einen Dual-Gate-Mischer 3.

Die Frequenzen von Meßoszillatoren und Referenzoszillator werden in Mischern in eine niederfrequente Zwischenfrequenz heruntergemischt und durch eine nachfolgende Zählelektronik gezählt.

Als Mischerschaltung wurde ein Dual-Gate-FET gewählt, mit nachfolgender Kollektorschaltung als Impedanzwandler.

Diese bietet folgende Vorteile:

- a) es werden auch kleine Eingangssignale linear gemischt;
- b) die Impedanz der Mischereingänge kann durch die Gate-Widerstände in Grenzen frei gewählt werden;
- c) geringe Stromaufnahme (ca. 5 mA);
- d) kleiner Ausgangswiderstand (ca. 100 Ω);
- e) durch die hohe Steilheit der Mischereingänge ergibt sich gleichzeitig eine Verstärkung des Mischproduktes;
- f) in SMD oder Hybridtechnik realisierbar.

Fig. 4 zeigt die Schaltung für den Powersplitter 4.

Das Signal des Referenzoszillators wird verstärkt und einem Sternpunkt mit der Impedanz 12.5 Ω zugeführt. Die Spule in Reihe zum Verstärkerausgang dient zur Impedanzanpassung des 50 Ω Verstärkerausgangs an den Sternpunkt. Von diesem Sternpunkt ausgehend verteilt sich das Referenzsignal auf acht Mischereingänge mit einer Eingangsimpedanz von je 100 Ω

Durch die Verwendung von geeigneten SAW-Bauelementen werden folgende Vorteile erreicht:

- 11 -

- a) Hohe Phasensteilheit in Resonanzpunkt,
- b) geringe Zunahme der Einfügungsdämpfung mit Beschichtung.

 Dies wird vorwiegend von speziellen SAW-Verzögerungsleitungen erfüllt, die eine große Transducerlänge aufweisen.

 Die Frequenzbetimmtheit erfolgt in diesem Fall durch die aktive Transducerstruktur und wird bei Beschichtung weniger stark negativ beeinflußt, wie dies bei den SAW-Resonatoren der Fall ist.
- c) allgemein geringe Einfügungsdämpfung unabhängig von der Beschichtung. Dies erlaubt eine entsprechend geringe Verstärkung im Oszillationskreis und damit ein besseres Signalzu Rauschverhältnis des gesamten Oszillators,
- d) Verwendung von Bauelementen mit Transmissionsfrequenzen von 250 500 MHz. In diesem Messbereich ergibt sich eine Optimum aus Empfindlichkeit (\approx f²), Signal- zu Rauschverhältnis (\approx f) und Handhabbarkeit (\approx 1/f).

Durch die Verwendung elektronischer Bauelemente mit extrem niedriger Leistungsaufnahme wird ein unerwünschtes Aufheizen der SAW-Sensoren minimiert. Der oben erwähnte Verstärkertyp, die meisten anderen (schlechteren) Alternativen und die üblicherweise verwendeten Bauelemente für die Mischstufen, die sogenannte "double balanced mixern" enthalten, weisen einen relativ hohen Leistungbedarf auf. Dies führt zu einer größeren thermischer Belastung der SAW-Sensoren. Sie wird insbesondere hinsichtlich der Miniaturisierung eines ganzen Arrays immer mehr zum Problem, da die notwendige thermische Vorkonditionierung des Probegases beim Anströmen der Sensoren ad absurdum geführt werden würde.

Eine niedrigere Leistungsaufnahme weisen sogenannte MMIC (microwave monolithic integrated cicuits) Verstärker auf. Besonders vorteilhaft erwieß sich hierbei der Typ INA03184 von

Advantec/USA, woraus sich eine Leistungsaufnahme von 120 mW pro Oszillatormodul ergibt.

Mit einer aktiven Dual Gate FET-Mischerschaltung anstatt der üblichen Schaltung mit "double balanced mixern" kann die hierfür notwendige Ansteuerelektronik entfallen und die Leistungsaufnahme pro Mischmodul auf 50 mW begrenzt werden.

Eine kompakte Bauform von etwa einer Fläche von 1 cm² kann durch konsequente Anwendung von SMD-Bauteilen und durch optimales Schaltungslayout erzielt werden. Durch diese Maßnahme sind diese Schaltung gut geeignet für die Kombination mehrerer SAW-Sensoroszillatoren zu dem beschriebenen Gassensor.

Tabelle

			LY LY	Sslic	shkeit	Löslichkeitsparameter	met	er		
Schichtmaterialien	la la	•	•	۵	-	L	S	•	a	-
a Phenylmethyl-diphenyl- 1 siloxan Copolymer (8) A Aniezon I. (8)	0,27	0,14 0,13	0,13	0	0,596	‡	1	1	1	‡
2 Polybis(cyanopropyl) siloxan (1)	-0,28 1,63		69'0	0	0,449	1	‡	+	1	‡
a Polyethylenimin (Lsg.) 3 b Docosanol (s)	0,13	0.29	0,75	0.35	0,603	1	+	‡	1,,	‡
a Polyethylennaleat (8) (6) b Quadrol (1)	0.07	1,47	2,38	0	0,471	1	‡ .	‡	1	‡
c NMP (l) 4 Fluoropolyol (s)	-0,42	0,82	1,85	4,9	0,754	1	+	+	‡	‡
a Polyisobutylen (s) b Squalan (l)	0,26	0,26 0,10	0,11	0	0,600	ı	i	1	1	++

Patentansprüche:

- 1. Gassensor bestehend aus mindestens 2 Oberfächenwellen-Bauelementen mit Treiber- und Verstärkerschaltungen in einem Gehäuse mit Gaszuführung und Gasabführung gekennzeichnet durch:
 - a) mindestens vier Oberflächenwellenbauelemente (SAW), die in je einer Ausnehmung im Gehäuse angeordnet sind, wobei die Ausnehmungen im Gehäuse radial ausgerichtet auf einem Kreis angeordnet sind,
 - b) einem zentralen rotationssymmetrischen Gaszuführungsraum, von welchem aus radial nach außen gleich ausgebildete Gaszuführungsleitungen zu den Ausnehmungen führen und
 - c) Gasauslaßleitungen mit gleichem pneumatischen Widerstand von allen Ausnehmungen nach außen.
- 2. Gassensor nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß sich in unmittelbarer Nähe der Oberflächenwellenbauelemente auf der anderen Seite eines Unterteils (1) des Gehäuses je eine Oszillatorschaltung (2) diesen gegenüber befindet.
- 3. Gassensor nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Oberflächenwellenbauelemente so miteinander verschaltet sind, daß eines der Elemente als gemeinsame Referenz der übrigen dient.
- 4. Gassensor nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß er aus neun Oberflächenwellenbauelementen besteht.

1/3

Fig. 1

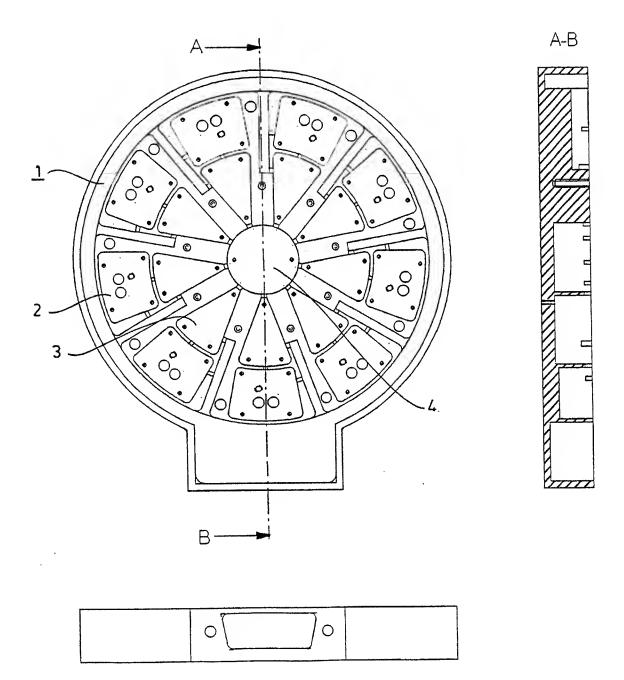
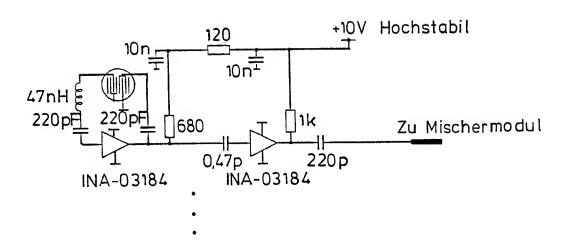


Fig. 2



9 X

15 pol Sub-D Stecker:
1...8 IF
9- Masse
10- +10V Hochstab.
11- Masse
12- +12V

3/3

Fig. 3

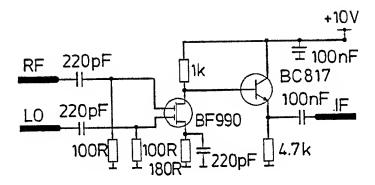
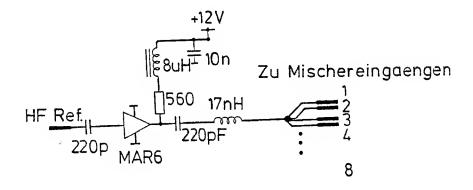


Fig. 4



17nH = 7Wdg. 0.5mm Draht, innen $\phi = 2mm$

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Intern al Application No PCT/EP 95/01618

A. CLASSIF IPC 6	FICATION OF SUBJECT MATTER G01N29/02		
According to	International Patent Classification (IPC) or to both national cla	assification and IPC	
	SEARCHED		
Minimum do IPC 6	cumentation searched (classification system followed by classifi GO1N	cation symbols)	
Oocumentati	on searched other than minimum documentation to the extent th	at such documents are included in the fields s	earched
Electronic da	ata base consulted during the international search (name of data	base and, where practical, search terms used)	
C. DOCUM	ENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the	ne relevant passages	Relevant to claim No.
A,P	US,A,5 325 704 (MARIANI ELIO A July 1994 see the whole document	ET AL) 5	1
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 018 no. 384 (P-1772) ,19 & & JP,A,06 109710 (MARUYASU KOO April 1994, see abstract	July 1994 GYO KK) 22	1
A	US,A,4 895 017 (PYKE STEPHEN C January 1990 see the whole document	ET AL) 23	1
Fur	ther documents are listed in the continuation of box C.	X Patent family members are liste	d in annex.
* Special c	ategories of cited documents:		A Sline date
"A" docur	nent defining the general state of the art which is not dered to be of particular relevance or document but published on or after the international	"T" later document published after the i or priority date and not in conflict cited to understand the principle of invention "X" document of particular relevance; t	with the application but theory underlying the he claimed invention
"L" docum which citati "O" docum	; date ment which may throw doubts on priority claim(s) or h is cited to establish the publication date of another on or other special reason (as specified) ment referring to an oral disclosure, use, exhibition or	cannot be considered novel or can involve an inventive step when the 'Y' document of particular relevance; I cannot be considered to involve ar document is combined with one of ments, such combination being ob	the claimed invention inventive step when the more other such docu-
'P' docur	r means ment published prior to the international filing date but than the priority date claimed	in the art. *&* document member of the same pat	
Date of th	ne actual completion of the international search	Date of mailing of the internationa	I search report
	27 July 1995	0 7. 08. 95	
Name and	d mailing address of the ISA European Patent Office, P.B. 5818 Patentiaan 2	Authorized officer	
	NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl, Fax: (+31-70) 340-3016	Kouzelis, D	

1

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

information on patent family members

Intern al Application No
PCT/EP 95/01618

Patent document cited in search report	Publication date	Patent memb		Publication date
US-A-5325704	05-07-94	NONE		
US-A-4895017	23-01-90	CA-A- WO-A-	2007223 9008314	23-07-90 26-07-90

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Intern. ales Aktenzeichen
PCT/EP 95/01618

			PC1/EP 95/	01018
A. KLASSI IPK 6	FIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES G01N29/02			
	ternationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klass	sifikation und der IF	·K	
	RCHIERTE GEBIETE er Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole	:)		
IPK 6	GO1N			
Recherchiert	te aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, sow	eit diese unter die re	cherchierten Gebiete	fallen
Während de	r internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Nar	ne der Datenbank	and evil. verwendete S	uehbegriffe)
C. ALS WI	ESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN			
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe	der in Betracht kom	menden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A,P	US,A,5 325 704 (MARIANI ELIO A ET 5.Juli 1994 siehe das ganze Dokument	· AL)		1
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 018 no. 384 (P-1772) ,19.Juli & JP,A,06 109710 (MARUYASU KOGYO 22.April 1994, siehe Zusammenfassung			1
A	US,A,4 895 017 (PYKE STEPHEN C ET 23.Januar 1990 siehe das ganze Dokument	ΓAL)		1
	ittere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu	X Siehe Anhai	ng Patentfamilie	
* Besonder 'A' Veröi aber 'E' ältere Anm 'L' Veröi schei ande soll i ausg 'O' Verö eine "P' Verö dem	ffentliehung, die den allgemeinen Stand der Teehnik definiert, nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist is Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen neldedatum veröffentlicht worden ist iffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer ren im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie eführt) iffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht iffentlichung, die vor dem intemationalen Anmeldedatum, aber nach beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist	T' Spätere Veröffen oder dem Priori Anmeldung nich Erfindung zugru Theorie angeget X' Veröffentlichung kann allein aufgerfinderischer T'Y' Veröffentlichung kann nicht als a werden, wenn d Veröffentlichungiese Verbindur &' Veröffentlichungiese Veröffentlichungiese Veröffentlichungen wenn den Veröffentlichungiese Veröffentli	lätsdatum veröffentlich it kollidiert, sondern in nedeliegenden Prinziphen ist worden besonderer Bedurund dieser Veröffent betruck die besonderer Beduf erfinderischer Tätige veröffentlichung ir Veröffentlichung ir e Veröffentlichung ir entra de v	eutung; die beanspruchte Erfindungkeit beruhend betrachtet ut einer oder mehreten anderen in Verbindung gebracht wird und n naheliegend ist ben Patentfamilie ist
	es Abschlusses der internationalen Recherche 27.Juli 1995		08. 95	
Name un	d Postanschrift der Internationale Recherchenbehörde Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+ 31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl, Fax (+ 31-70) 340-3016	Bevollmächtigte Kouze	er Bediensteter	

1

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentsamilie gehören

Interr. ales Aktenzeichen
PCT/EP 95/01618

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) Patentfam		Datum der Veröffentlichung
US-A-5325704	05-07-94	KEINE		
US-A-4895017	23-01-90	••••	2007223 9008314	23-07-90 26-07-90

Formblatt PCT/ISA/210 (Anhang Patentfamilie)(Juli 1992)